

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : 2 783 980<sup>22</sup>

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : 99 12233

(51) Int Cl<sup>7</sup> : H 02 M 3/07, H 02 M 3/158, H 02 N 2/06

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 30.09.99.

(30) Priorité : 30.09.98 DE 19845037.

(71) Demandeur(s) : SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT — DE.

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.03.00 Bulletin 00/13.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : HOFFMANN CHRISTIAN, FREUDENBERG HELLMUT et GERKEN HARTMUT.

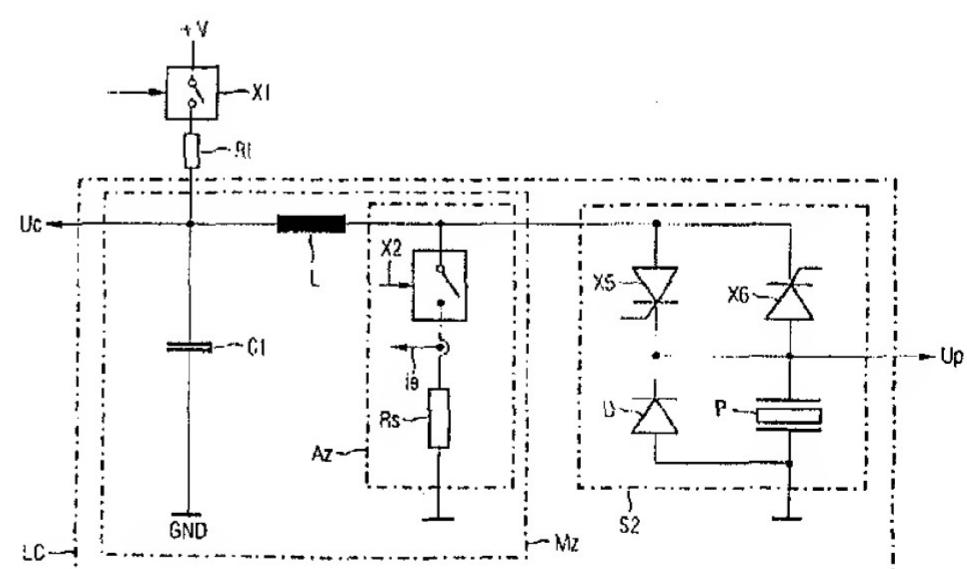
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET DE BOISSE ET COLAS.

### (54) PROCEDE ET AGENCEMENT DE COMMANDE D'UN ACTIONNEUR CAPACITIF.

(57) Cet actionneur (P) est commandé par un circuit qui comprend un circuit oscillant série (Mz) comportant un condensateur de charge (C1) et une bobine de transfert de charge (L).

Le condensateur, chargé à une tension de calibrage, fait l'objet d'un transfert de charge à travers la bobine et des valeurs du courant de transfert de charge passant alors sont relevées à différents instants, la capacité de charge du condensateur et l'inductance de la bobine sont déterminées à partir de la tension de calibrage, desdits instants et desdites valeurs de courant, une tension initiale et un temps de charge sont déterminés, au moyen d'une table caractéristique, à partir d'une énergie pouvant être préfixée, de la capacité et de l'inductance et ladite énergie est transférée sur l'actionneur, le condensateur chargé à la tension initiale étant déchargé sur l'actionneur pendant le temps de charge.



FR 2 783 980 - A1



L'invention concerne un procédé et un dispositif de commande d'un actionneur, notamment d'un injecteur de carburant, à commande piézoélectrique, d'un moteur à combustion interne.

5 Par DE 196 53 666 A1, on connaît un procédé, permettant de commander rapidement des charges capacitatives, selon lequel un circuit de commande est commandé par un appareil de commande. La coopération d'un régulateur vers le haut et d'un régulateur vers le bas dans un circuit de 10 commande et l'analyse de valeurs de tension de charge et de courant de charge, en combinaison avec un régulateur numérique rapide, peuvent permettre de produire sur la charge capacitive des variations de tension dans une large mesure quelconques.

15 Par DE 196 52 807 A1, il est connu de transmettre sur un actionneur une énergie pouvant être préfixée, la charge d'un condensateur de charge étant transférée partiellement sur l'actionneur à travers une bobine de transfert de charge. L'écart de l'apport dosé d'énergie lors d'une 20 opération de commande est déterminé à l'aide d'une table caractéristique et est corrigée d'une manière incrémentielle lors des opérations de commande suivantes. La table caractéristique est établie expérimentalement à partir des valeurs de composants préfixées de l'agencement 25 et de la capacité de l'actionneur qui dépend de la température.

Ce procédé de commande d'un actionneur suppose que la capacité du condensateur de charge et l'inductance de la bobine de transfert de charge soient connues d'une manière 30 précise. Toutefois, les bobines et condensateurs présentent habituellement des tolérances, d'approximativement  $\pm 10\%$ , dues à la fabrication ; en outre, leurs valeurs varient pendant le fonctionnement en fonction de la température et du vieillissement.

35 Une mesure de l'inductance et de la capacité en fin de chaîne permet de détecter les tolérances des composants et d'en tenir compte dans le procédé de commande. Une autre solution consiste à utiliser des composants présentant de

faibles tolérances de fabrication, ce qui entraîne toutefois des prix de composants élevés. Dans les deux solutions, il n'est pas tenu compte des influences extérieures pendant le fonctionnement, telles que par 5 exemple des influences de la température ou un vieillissement des composants.

L'invention a pour but de détecter et de compenser les tolérances des composants du circuit de commande.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de 10 commande d'un actionneur capacitif, qui est commandé par un circuit de commande qui comprend un circuit oscillant série comportant un condensateur de charge et une bobine de transfert de charge, selon lequel des tolérances des composants se présentant dans le circuit de commande sont 15 compensées au moyen des opérations suivantes : le condensateur de charge, chargé à une tension de calibrage préfixée, fait l'objet d'un transfert de charge à travers la bobine de transfert de charge et des valeurs du courant de transfert de charge qui passe alors sont relevées à 20 différents instants ; la capacité de charge du condensateur de charge et l'inductance de la bobine de transfert de charge sont déterminées, au moyen des lois générales valables dans les circuits oscillants série, à partir de la tension de calibrage, desdits instants et desdites valeurs 25 de courant ; une tension initiale et un temps de charge sont déterminés, au moyen d'une table caractéristique, à partir d'une énergie pouvant être préfixée, de la capacité de charge et de l'inductance ; l'énergie pouvant être préfixée est transférée sur l'actionneur, le condensateur 30 de charge chargé à la tension initiale étant déchargé sur l'actionneur pendant le temps de charge.

L'invention a également pour objet un agencement de mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus comprenant : un circuit série comportant un montage série d'un condensateur de charge, qui est alimenté par une source d'énergie par l'intermédiaire d'un interrupteur principal, une bobine de transfert de charge et un dispositif de réglage, contenant 35 un actionneur, en parallèle auquel est montée une branche

de commutation, comportant un interrupteur auxiliaire et une résistance de mesure, tandis que le condensateur de charge, la bobine de transfert de charge et la branche de commutation constituent une branche de mesure ; et un 5 appareil de commande qui est raccordé au circuit série et à l'interrupteur principal et qui commande les opérations de procédé.

L'idée essentielle de l'invention réside dans le fait qu'une opération de mesure LC est exécutée dans une branche 10 de mesure de l'agencement qui comprend un condensateur de charge, une bobine de transfert de charge et une branche de commutation comportant un interrupteur, l'opération de mesure LC consistant à exécuter une opération de transfert de charge dans la branche de mesure et, pendant celle-ci, à 15 relever dans la branche de mesure des mesures de courant et de tension servant à déterminer ensuite des valeurs de capacité et d'inductance et à utiliser les valeurs déterminées pour commander ensuite un actionneur.

Un avantage essentiel réside dans le fait que des 20 condensateurs et bobines à tolérances élevées, qui sont économiques, sont utilisables dans l'agencement. En outre, la durée de vie de l'agencement est supérieure, étant donné que des influences dues au vieillissement sont compensées. Le domaine d'utilisation de l'agencement est étendu, étant 25 donné que des influences dues à la température sont compensées.

Le procédé conforme à l'invention peut aussi présenter une ou plusieurs des particularités suivantes :

- le condensateur de charge, chargé à une tension de 30 calibrage préfixée, fait l'objet d'un transfert de charge à travers une bobine de transfert de charge et des valeurs du courant de transfert de charge qui passe alors sont relevées à différents instants, ainsi qu'une tension de condensateur à un autre instant, et la capacité de charge 35 du condensateur de charge et l'inductance de la bobine de transfert de charge sont déterminées, au moyen des lois générales valables dans les circuits oscillants série, à partir de la tension de calibrage, desdits instants,

desdites valeurs de courant et de l'écart de la tension de condensateur par rapport à la tension de calibrage,

- la capacité de charge du condensateur de charge, l'inductance de la bobine de transfert de charge et une résistance équivalente sont déterminées, au moyen des lois générales valables dans les circuits oscillants série, à partir de la tension de calibrage, desdits instants, desdites valeurs de courant et de l'écart de la tension de condensateur par rapport à la tension de calibrage,

10 - les différents instants sont relevés au moyen d'une comparaison du courant de transfert de charge avec des valeurs de courant pouvant être préfixées,

- la table caractéristique est déterminée expérimentalement, par le fait que des courbes caractéristiques sont relevées pour différentes valeurs de l'inductance, de la capacité de charge et des interrupteurs contenus dans le circuit de commande, avec les pertes existant dans ces composants, et sont rangées en mémoire dans l'appareil de commande sous forme de table caractéristique.

L'agencement conforme à l'invention peut aussi présenter l'une des deux particularités suivantes ou les deux :

- l'agencement comprend l'appareil de commande dans lequel les valeurs préfixées de la tension de calibrage et les valeurs de courant pouvant être préfixées sont rangées dans une mémoire de valeurs, comportant une unité de calcul qui détermine la capacité et l'inductance à partir d'une valeur de courant pouvant être préfixée, de la tension de calibrage préfixée et de la durée d'oscillation, comportant une table caractéristique dans laquelle la tension initiale et le temps de charge sont déterminés à partir de la capacité de charge et de l'inductance, et comportant une unité logique qui traite, d'une manière commandée par programme, un signal de commande appliqué, un signal de commande de mesure appliqué, le signal de sortie du comparateur et la valeur du temps de charge et commande les interrupteurs,

- l'agencement comprend l'appareil de commande qui comporte un détecteur de pic dans lequel le courant maximal du courant de transfert de charge appliqué est formé, un détecteur de courant de seuil dans lequel sont déterminés 5 les instants auxquels le courant de transfert de charge prend des valeurs de courant pouvant être préfixées, et un comparateur qui compare la tension de condensateur, appliquée, à la tension de calibrage ou à la tension initiale.

10 L'invention est exposée en détail en regard des figures 1 à 4. On voit :

aux figures 1A et 1B, deux graphes servant à représenter les variations du courant et de la tension dans le temps pendant une opération de transfert de charge,

15 à la figure 2, un schéma de principe d'un circuit de commande d'actionneur,

à la figure 3, un schéma-bloc d'un appareil de commande qui est raccordé à l'agencement de la figure 2 et,

20 à la figure 4, un ordinogramme concernant les opérations des agencements des figures 2 et 3.

Une opération de transfert de charge, dont les variations de courant et de tension dans le temps sont représentées aux figures 1A et 1B, et la commande d'un ou plusieurs injecteurs de carburant d'un moteur à combustion 25 interne au moyen d'un actionneur P, de préférence d'un organe de réglage piézoélectrique, ont lieu dans l'agencement conforme à la figure 2, lequel est commandé par un appareil de commande ST conforme à la figure 3 qui peut faire partie d'un appareil de commande de moteur, 30 commandé par microprocesseur, qui n'est pas représenté plus en détail. Les opérations se déroulant dans l'appareil de commande ST sont présentées à la figure 4.

Dans le circuit représenté à la figure 2, une opération de mesure LC est déclenchée par le fait qu'une 35 opération de transfert de charge commence, ce qui signifie que le condensateur de charge C1, chargé à travers un interrupteur principal X1 et une résistance de charge R1 à une tension de calibrage Uck préfixée, fait l'objet d'un

transfert de charge dans une branche de commutation Az à travers une bobine de transfert de charge L, jusqu'à ce que la charge du condensateur de charge C1 soit portée à une tension de condensateur Uc qui correspond approximativement 5 à la tension de calibrage avec une polarité opposée - Uck. Le circuit oscillant série constitué du condensateur de charge C1, de la bobine de transfert de charge L et de la branche de commutation Az est appelé ci-après branche de mesure Mz, la branche de commutation Az comprenant un 10 circuit série constitué d'un interrupteur auxiliaire X2 et d'une résistance de mesure.

Dans d'autres exemples de réalisation non représentés en détail aux figures, le condensateur de charge C1 peut être étendu au moyen d'un réseau comportant plusieurs 15 condensateurs et interrupteurs présentant une capacité équivalente.

Les graphes des figures 1A et 1B représentent les variations de courant et de tension dans le temps pendant une opération de transfert de charge avec des composants 20 supposés sans pertes. La figure 1A représente la variation de la tension Uc sur le condensateur de charge C1 et la figure 1B la variation du courant de transfert de charge ie dans la branche de mesure Mz. La branche de mesure Mz constitue un circuit oscillant série de période T.

Une opération de transfert de charge du condensateur de charge C1 chargé à la tension de calibrage Uck commence à l'instant  $t = 0$ , avec une commutation de l'interrupteur auxiliaire X2 à l'état passant. Aux instants  $t = 0$  ;  $t = T/4$  ;  $t = T/2$ , les valeurs du courant et de la tension dans 30 la branche de mesure Mz valent, pour le circuit oscillant supposé sans pertes :

Instant A :  $t = 0$  :

$U_c = U_{ck}$  ;  $i_e = 0$

Instant B :  $t = T/4$  :

35  $U_c = 0$  ;  $i_e = I_{em}$

Instant C :  $t = T/2$  :

$U_c = - U_{ck}$  ;  $i_e = 0$

Au-delà de l'instant C, l'opération de transfert de charge peut se prolonger sous forme d'autres oscillations, jusqu'à ce que l'interrupteur auxiliaire X2 soit fermé, de préférence à des instants  $n * (T/2)$ ,  $n = 1, 2, 3 \dots$

5 auxquels le courant de transfert de charge  $i_e = 0$  et où il n'existe donc pas de surtension sur la bobine de transfert de charge L.

Des valeurs du courant de transfert de charge  $i_e$  sont prélevées à différents instants  $t_i$ , de préférence aux 10 instants A, B et C, la différence A-C étant appelée ci-après première durée d'oscillation  $T_{e1}$ . La capacité  $K_c$  du condensateur de charge  $C_1$  et l'inductance  $I_L$  de la bobine de transfert de charge L sont déterminées en utilisant les lois générales valables dans les circuits oscillants série.

15 La capacité  $K_c$  et l'inductance  $I_L$  sont calculées au moyen de l'analyse des valeurs de mesure, prélevées de préférence aux instants A, B et C, en utilisant les lois générales qui s'appliquent dans la branche de mesure  $M_z$  et sont représentées par les équations (1) et (2).

20 (1)  $C_1 = I_{em} * (T/2) / (U_{ck} * \pi)$   
 (2)  $L = U_{ck} * (T/2) / (I_{em} * \pi)$

Les points de mesure peuvent également être relevés à d'autres instants, les équations (1) et (2) étant adaptées en conséquence. C'est ainsi par exemple que sont relevés 25 les points de mesure  $M_i$  qui sont indiqués à la figure 1B et qui représentent le courant de transfert de charge  $i_e$  qui passe aux instances  $t_1$ ,  $T/2$  et  $t_2$  et présente la première et la seconde valeurs de courant  $I_{s1}$ ,  $I_{s2}$  et la valeur maximale de courant  $I_{em}$ , la différence  $t_2 - t_1$  étant 30 appelée ci-après seconde durée d'oscillation  $T_{e2}$ .

Les composants situés dans la branche de mesure  $M_z$  possèdent des résistances ohmiques qui entraînent des pertes pendant l'opération de transfert de charge et donc un amortissement des amplitudes de la tension de condensateur  $U_c$  et du courant de transfert de charge  $i_e$ . La valeur de l'amortissement et celle de la variation de la période T dépendent des résistances ohmiques des composants

et correspondent aux lois générales connues dans les circuits oscillants série amortis.

En fonction de la valeur à attendre pour l'amortissement et de la précision de mesure, la tension de condensateur  $U_c$  est mesurée à l'un des instants  $n * (T/2)$ ,  $n = 1, 2, 3 \dots$  et son écart par rapport à la tension de calibrage  $U_{ck}$  est déterminé, ce qui permet de déduire la valeur de l'amortissement au moyen des lois générales indiquées ci-dessus.

Les grandeurs des composants situés dans la branche de mesure  $M_z$  et leurs résistances ohmiques peuvent être représentées, dans un circuit équivalent, par des composants supposés sans pertes et une résistance équivalente qui est à insérer dans la branche de mesure  $M_z$  et qui représente l'ensemble des résistances ohmiques.

Les variations de tension et de courant dans le temps qui sont représentées aux figures 1A et 1B sont détectées et analysées au moyen des agencements représentés à la figure 2 et à la figure 3.

La figure 2 représente un circuit de principe se présentant sous forme d'un circuit série LC servant à exécuter une opération de mesure LC et à commander un injecteur de carburant d'un moteur à combustion interne au moyen d'un actionneur P, le circuit série étant commandé par un appareil de commande ST représenté à la figure 3.

Sur la figure 2, le condensateur de charge  $C_1$  est relié à une source d'énergie V par l'intermédiaire de la résistance de charge  $R_1$  et de l'interrupteur principal  $X_1$ . Il est prévu, monté en parallèle au condensateur de charge  $C_1$ , un circuit série constitué d'une bobine de transfert de charge L, reliée à l'interrupteur principal  $X_1$  par l'intermédiaire de la résistance de charge  $R_1$ , et d'une branche de commutation  $A_z$  qui comporte un circuit série constitué d'un interrupteur auxiliaire  $X_2$  et d'une résistance de mesure  $R_s$ . Un organe de réglage  $S_2$  est monté en parallèle à la branche de commutation  $A_z$ , cet organe de réglage comprenant un circuit série constitué

- du montage parallèle d'un interrupteur de charge X5, laissant passer le courant dans le sens opposé à la bobine de transfert de charge L et d'un interrupteur de décharge X6 laissant passer le courant vers la bobine de transfert de charge L et

- un montage parallèle de l'actionneur P avec une diode D qui laisse passer le courant du pôle moins GND vers la source d'énergie V.

Les résistances ohmiques du condensateur de charge C1, 10 de la bobine de transfert de charge L et de l'interrupteur auxiliaire X2 peuvent, comme décrit ci-dessus, être réunies pour donner une résistance équivalente.

La résistance équivalente dépend de la température et du vieillissement des composants. Les interrupteurs X1 à X6 15 sont des composants à semi-conducteur dont la résistance ohmique dépend fortement de la température et entre en combinaison dans la résistance équivalente. Etant donné qu'en fonctionnement, les interrupteurs X1 à X6 ont approximativement la même température, les résistances 20 ohmiques de l'interrupteur de charge X5 et de l'interrupteur de décharge X6 peuvent être déterminées indirectement en fonction de la résistance équivalente.

La résistance de mesure  $R_s$  est de préférence dimensionnée de façon telle qu'elle est suffisamment petite 25 pour pouvoir être négligée ou a une valeur assez précise pour pouvoir être compensée par des calculs.

Les interrupteurs X1 à X6 sont commandés par l'appareil de commande ST qui est représenté à la figure 3.

#### L'appareil de commande ST

30 - range dans une mémoire de valeurs KS les valeurs prefixées de la tension de calibrage  $U_{CK}$  et les valeurs de courant  $I_{S1}$ ,  $I_{S2}$  pouvant être prefixées,

- comprend un détecteur de pic PD dans lequel la valeur maximale  $I_{em}$  du courant de transfert de charge appliquée à ce détecteur de pic est formé,

- comprend un détecteur de courant de seuil SD qui détermine les durées d'oscillation  $T_{el}$  ou  $T_{e2}$ , du fait que sont relevés les instants auxquels le courant de transfert

de charge ie franchit vers le haut ou vers le bas des valeurs de courant  $I_{s1}$ ,  $I_{s2}$  pouvant être préfixées,

5 - comprend un comparateur K, à signal de sortie F, qui compare la tension de condensateur  $U_c$ , appliquée, à la tension de calibrage  $U_{ck}$  ou à une tension initiale  $U_{cb}$ ,

- comprend un calculateur RW qui détermine la capacité  $K_c$  et l'inductance  $I_L$  à partir d'une valeur de courant  $I_{s2}$ ,  $I_{s1}$  pouvant être préfixée, de la tension de calibrage  $U_{ck}$  préfixée et de la durée d'oscillation  $T_{e1}$  ou  $T_{e2}$ ,

10 - comprend une table caractéristique KF dans laquelle la tension initiale  $U_{cb}$  et le temps de charge  $T_b$  sont déterminés à partir de la capacité de charge  $K_c$ , de l'énergie E pouvant être préfixée et de l'inductance  $I_L$ . Le temps de charge  $T_b$  est égal à la durée  $t_p$  du transfert de charge du condensateur de charge  $C_1$  à l'actionneur P, et

15 - comprend une unité logique LU qui traite, d'une manière commandée par programme, un signal de commande sta appliqué, un signal de commande de mesure  $st_k$  appliqué, le signal de sortie F du comparateur K et la valeur du temps de charge  $T_b$  et qui commande les interrupteurs  $X_1$  à  $X_6$  conformément aux opérations présentées à la figure 4.

20 La figure 4 présente, suivant un ordinogramme, les opérations se déroulant dans les exemples de réalisation de la figure 2 et de la figure 3. Les opérations I à IX constituent une opération de mesure LC et les opérations X à XVIII une opération de commande de l'actionneur P. L'opération de commande peut également se dérouler suivant d'autres procédés non présentés en détail aux figures. Les différentes opérations sont présentées ci-après :

25 30 I Les interrupteurs  $X_1$  à  $X_6$  sont non conducteurs au début des opérations.

II L'opération de mesure LC commence par la charge du condensateur de charge  $C_1$ , à travers l'interrupteur principal  $X_1$  passant et la résistance de charge  $R_1$ , à une tension de calibrage  $U_{ck}$  préfixée.

35 III et IV Une fois la tension de calibrage  $U_{ck}$  atteinte, l'interrupteur principal  $X_1$  devient non passant, de sorte que l'opération de charge est arrêtée. Une

opération de transfert de charge commence, l'interrupteur principal X2 étant commuté de façon à être passant, de sorte que le condensateur de charge C1 fait l'objet d'un transfert de charge à travers la bobine L et la branche de 5 commutation Az.

V Le courant maximal  $I_{em}$  est mesuré.

VI La durée d'oscillation  $T_{el}$  ou  $T_{e(i)}$  est déterminée.

VII L'opération de transfert de charge est terminée, 10 l'interrupteur auxiliaire X2 devenant non passant. L'interrupteur auxiliaire devient de préférence non passant lorsque le courant de transfert de charge vaut  $i_e = 0$ , afin d'éviter des surtensions dues à l'inductance IL.

VIII La capacité  $K_c$  et l'inductance  $IL$  sont 15 déterminées au moyen des lois générales indiquées dans les formules (1) et (2).

IX Les paramètres initiaux que sont la tension initiale  $U_{cb}$  et le temps de charge  $T_b$  sont déterminés, au moyen de la table caractéristique KF de l'appareil de 20 commande ST, à partir de la capacité  $K_c$ , de l'énergie E préfixée et de l'inductance  $IL$ .

X Au début de l'opération de commande de l'actionneur P, les interrupteurs X2 à X6 sont non conducteurs. L'opération de commande commence lorsque 25 l'interrupteur principal X1 devient passant, de sorte que la charge du condensateur C1 commence.

XI et XII Une fois la tension initiale  $U_{cb}$  atteinte ou franchie, l'interrupteur principal X1 devient non passant, de sorte que l'opération de charge est terminée.

30 XIII Le signal de commande sta extérieur déclenche l'opération de commande d'un actionneur P.

XIV L'interrupteur de charge X5 devient passant, de sorte que le condensateur de charge C1, chargé à la tension initiale  $U_{cb}$ , fait l'objet d'un transfert de charge sur 35 l'actionneur P pendant une durée de charge  $t_p$ .

XV et XVI Si la durée de charge  $t_p$  atteint le temps de charge  $T_b$  précédemment déterminé, l'interrupteur auxiliaire X2 devient passant et l'interrupteur de charge X5 devient

bloqué, de sorte que l'opération de charge de l'actionneur P est terminée. Une charge résiduelle existant éventuellement encore dans le condensateur de charge C1 fait l'objet d'un transfert de charge dans la branche de mesure Mz. Un actionneur P chargé provoque une opération d'injection dans l'injecteur de carburant. Une fois l'opération de charge terminée, la tension d'actionneur Up est mesurée et analysée pour les opérations suivantes de commande, comme exposé dans DE 196 52 807 A1.

10 XVII Le signal de commande d'organe de réglage sta extérieur déclenche la fin de l'opération d'injection.

15 XVIII L'interrupteur auxiliaire X2 devient non passant. L'interrupteur de décharge X6 devient passant. La charge de l'actionneur P fait l'objet d'un transfert de charge dans le condensateur de charge C1. Le transfert de charge dans C1 se poursuit à travers la diode D, l'interrupteur de décharge X6 et la bobine de transfert de charge L.

20 XIX Lors d'une commande au moyen du signal de commande de mesure stk extérieur, une nouvelle opération de mesure LC est déclenchée.

Les lignes en tireté indiquent différents exemples de réalisation :

25 a) avant et après une opération de commande d'un actionneur P, aucune opération de mesure LC n'est déclenchée, une opération de mesure LC pouvant par exemple avoir lieu en fin de chaîne, comme réalisé au point c).

30 b) en fonction du signal de commande de mesure stk et du signal de commande sta extérieurs, une opération de mesure LC ou une autre opération de commande de l'actionneur P est déclenchée.

c) une opération de mesure LC n'est effectuée qu'une seule fois directement après le lancement initial.

35 d) (n'est pas réalisé à la figure 4) au moins une opération de mesure LC a déjà eu lieu à la fabrication, par exemple en fin de chaîne.

Toutes les combinaisons judicieuses imaginables obtenues à partir de a), b), c) et d) constituent d'autres exemples de réalisation.

Dans une autre forme de réalisation, il est tenu 5 compte, au moyen des résistances ohmiques des composants de la branche de mesure Mz, de l'amortissement des amplitudes de la tension de condensateur Uc et du courant de charge ie, les résistances ohmiques étant, dans un circuit équivalent, réunies pour donner une résistance équivalente, 10 comme indiqué dans la description des figures 1A et 1B. De préférence, parallèlement aux opérations V et VI, la tension de condensateur Uc est mesurée à l'un des instants  $n * (T/2)$ ,  $n = 1, 2, 3 \dots$ . En fonction de l'écart de la tension de condensateur Uc par rapport à la tension de 15 calibrage Uck, du courant maximal Iem et de la durée d'oscillation Te1 ou Te2 ( $Te(i)$ ), il est alors procédé, à l'opération VIII, au calcul de la capacité de charge Kc, de l'inductance IL et de la résistance équivalente dont dépendent les paramètres initiaux Ucb et Tb déterminés à 20 l'opération IX, et donc la précision de la mesure d'énergie.

Dans une autre forme de réalisation, à la place de la mesure du courant maximal Iem, une autre valeur de mesure est déterminée et c'est soit, à un instant pouvant être 25 préfixé, une valeur du courant de transfert de charge ie, soit, pour une valeur du courant de transfert de charge ie pouvant être préfixée, un instant qui est mesuré. Dans l'opération VIII, l'inductance IL, la capacité de charge Kc et de préférence également la résistance équivalente sont 30 alors déterminées d'une manière appropriée, au moyen de formules qui sont adaptées à l'autre valeur de mesure et qui représentent les lois générales d'un circuit oscillant série.

REVENDICATIONS

1. Procédé de commande d'un actionneur capacitif (P), qui est commandé par un circuit de commande qui comprend un circuit oscillant série (Mz) comportant un condensateur de charge (C1) et une bobine de transfert de charge (L), caractérisé en ce que des tolérances des composants se présentant dans le circuit de commande sont compensées au moyen des opérations suivantes :

5 - le condensateur de charge (C1), chargé à une tension de calibrage (Uck) préfixée, fait l'objet d'un transfert de charge à travers la bobine de transfert de charge (L) et des valeurs (Iem, Is2, Is1) du courant de transfert de charge (ie) qui passe alors sont relevées à différents instants (A, B, C, t1, t2, T/2) ;

10 15 - la capacité de charge (Kc) du condensateur de charge (C1) et l'inductance (IL) de la bobine de transfert de charge (L) sont déterminées, au moyen des lois générales valables dans les circuits oscillants série, à partir de la tension de calibrage (Uck), des instants (A, B, C, t1, t2, T/2) et des valeurs de courant (Iem, Is2, Is1) ;

20 25 - une tension initiale (Ucb) et un temps de charge (Tb) sont déterminés, au moyen d'une table caractéristique (KF), à partir d'une énergie (E) pouvant être préfixée, de la capacité de charge (Kc) et de l'inductance (IL) ;

30 25 - l'énergie (E) pouvant être préfixée est transférée sur l'actionneur (P), le condensateur de charge (C1) chargé à la tension initiale (Ucb) étant déchargé sur l'actionneur (P) pendant le temps de charge (Tb).

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que :

35 30 - le condensateur de charge (C1), chargé à une tension de calibrage (Uck) préfixée, fait l'objet d'un transfert de charge à travers une bobine de transfert de charge (L) et des valeurs (Iem, Is2, Is1) du courant de transfert de charge (ie) qui passe alors sont relevées à différents instants (A, B, C, t1, t2, T/2), ainsi qu'une tension de condensateur (Uc) à un autre instant ( $n * (T/2)$ ,  $n = 1, 2, 3 \dots$ ), et

- la capacité de charge ( $K_c$ ) du condensateur de charge ( $C_1$ ) et l'inductance ( $I_L$ ) de la bobine de transfert de charge ( $L$ ) sont déterminées, au moyen des lois générales valables dans les circuits oscillants série, à partir de la tension de calibrage ( $U_{ck}$ ), des instants ( $A, B, C, t_1, t_2, T/2$ ), des valeurs de courant ( $I_{em}, I_{s2}, I_{s1}$ ) et de l'écart de la tension de condensateur ( $U_c$ ) par rapport à la tension de calibrage ( $U_{ck}$ ).

3. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 10 1 et 2, caractérisé en ce que la capacité de charge ( $K_c$ ) du condensateur de charge ( $C_1$ ), l'inductance ( $I_L$ ) de la bobine de transfert de charge ( $L$ ) et une résistance équivalente sont déterminées, au moyen des lois générales valables dans les circuits oscillants série, à partir de la tension de 15 calibrage ( $U_{ck}$ ), des instants ( $A, B, C, t_1, t_2, T/2$ ), des valeurs de courant ( $I_{em}, I_{s2}, I_{s1}$ ) et de l'écart de la tension de condensateur ( $U_c$ ) par rapport à la tension de calibrage ( $U_{ck}$ ).

4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 20 1 à 3, caractérisé en ce que les différents instants ( $A, C, t_1, t_2$ ) sont relevés au moyen d'une comparaison du courant de transfert de charge ( $i_e$ ) avec des valeurs de courant ( $I_{s2}, I_{s1}$ ) pouvant être préfixées.

5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 25 1 à 4, caractérisé en ce que la table caractéristique ( $K_F$ ) est déterminée expérimentalement, par le fait que des courbes caractéristiques sont relevées pour différentes valeurs de l'inductance ( $I_L$ ), de la capacité de charge ( $K_c$ ) et des interrupteurs ( $X_1$  à  $X_6$ ) contenus dans le circuit de 30 commande, avec les pertes existant dans ces composants, et sont rangées en mémoire dans l'appareil de commande ( $ST$ ) sous forme de table caractéristique ( $K_F$ ).

6. Agencement de mise en oeuvre du procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend

35 - un circuit série ( $LC$ ) comportant un montage série d'un condensateur de charge ( $C_1$ ), qui est alimenté par une source d'énergie ( $V$ ) par l'intermédiaire d'un interrupteur principal ( $X_1$ ), une bobine de transfert de charge ( $L$ ) et un

dispositif de réglage (S2), contenant un actionneur (P), en parallèle auquel est montée une branche de commutation (Az), comportant un interrupteur auxiliaire (X2) et une résistance de mesure (Rs), tandis que le condensateur de charge (C1), la bobine de transfert de charge (L) et la branche de commutation (Az) constituent une branche de mesure (Mz), et

5 - un appareil de commande (ST) qui est raccordé au circuit série (LC) et à l'interrupteur principal (X1) et  
10 qui commande les opérations de procédé.

7. Agencement suivant la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend

l'appareil de commande (ST) :

- dans lequel les valeurs préfixées de la tension de calibrage (Uck) et les valeurs de courant (Is1, Is2) pouvant être préfixées sont rangées dans une mémoire de valeurs (KS),

15 - comportant une unité de calcul (RW) qui détermine la capacité (Kc) et l'inductance (IL) à partir d'une valeur de courant (Iem, Is1, Is2) pouvant être préfixée, de la tension de calibrage (Uck) préfixée et de la durée d'oscillation (Te),

20 - comportant une table caractéristique (KF) dans laquelle la tension initiale (Kc) et le temps de charge (Tb) sont déterminés à partir de la capacité de charge (Kc) et de l'inductance (IL), et

25 - comportant une unité logique (LU) qui traite, d'une manière commandée par programme, un signal de commande (sta) appliqué, un signal de commande de mesure (stk) appliqué, le signal de sortie (F) du comparateur (K) et la valeur du temps de charge (Tb) et commande les interrupteurs (X1 à X6).

8. Agencement suivant l'une quelconque des revendications 6 et 7, caractérisé en ce qu'il comprend

30 35 l'appareil de commande (ST) qui comporte :

- un détecteur de pic (PD) dans lequel le courant maximal (Iem) du courant de transfert de charge (ie) appliqué est formé,

- un détecteur de courant de seuil (SD) dans lequel sont déterminés les instants ( $A$ ,  $C$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ) auxquels le courant de transfert de charge ( $i_e$ ) prend des valeurs de courant ( $I_{s2}$ ,  $I_{s1}$ ) pouvant être préfixées et
- 5        - un comparateur (K) qui compare la tension de condensateur ( $U_c$ ), appliquée, à la tension de calibrage ( $U_{ck}$ ) ou à la tension initiale ( $U_{cb}$ ).

1/4

FIG 1A

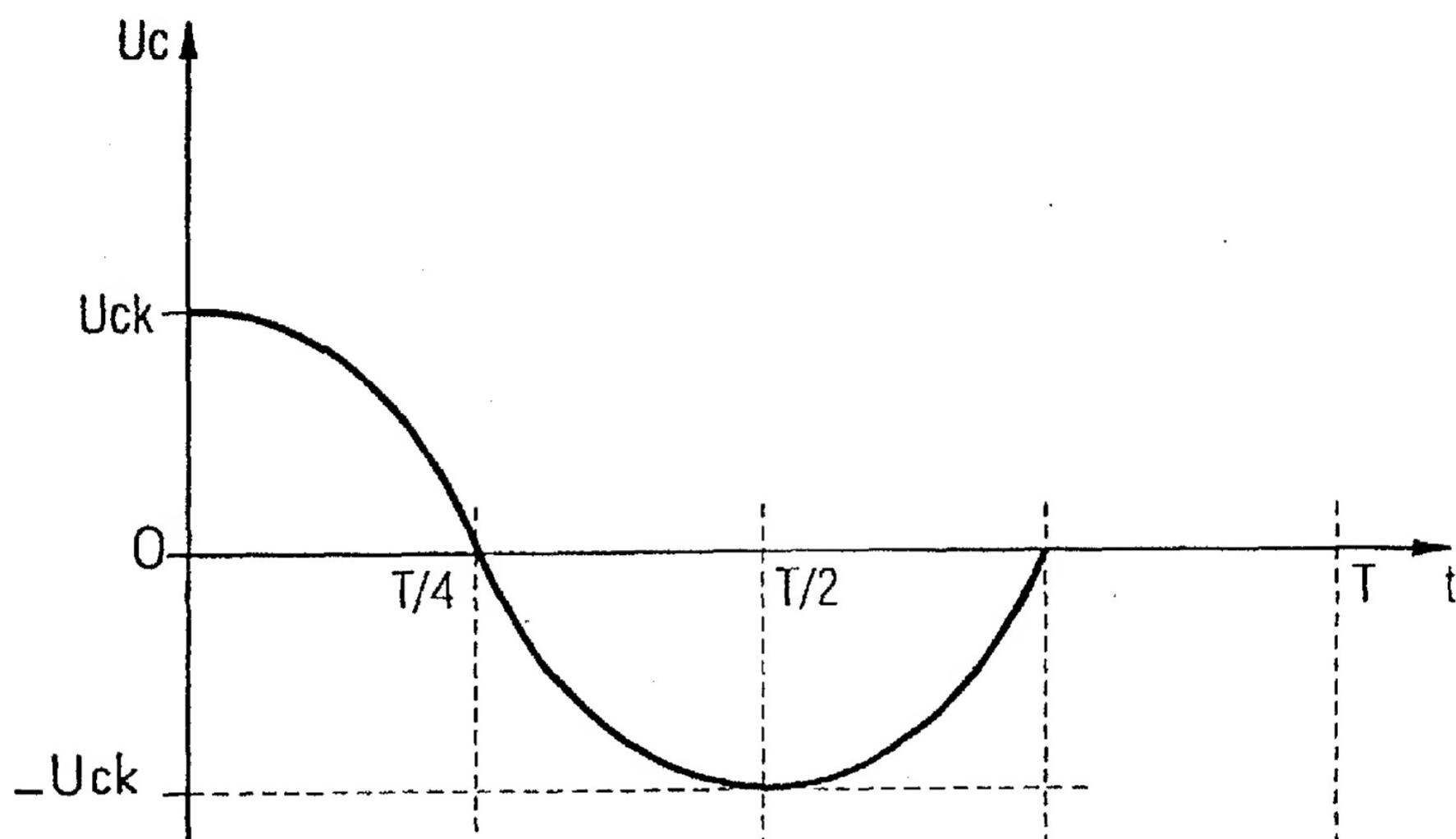
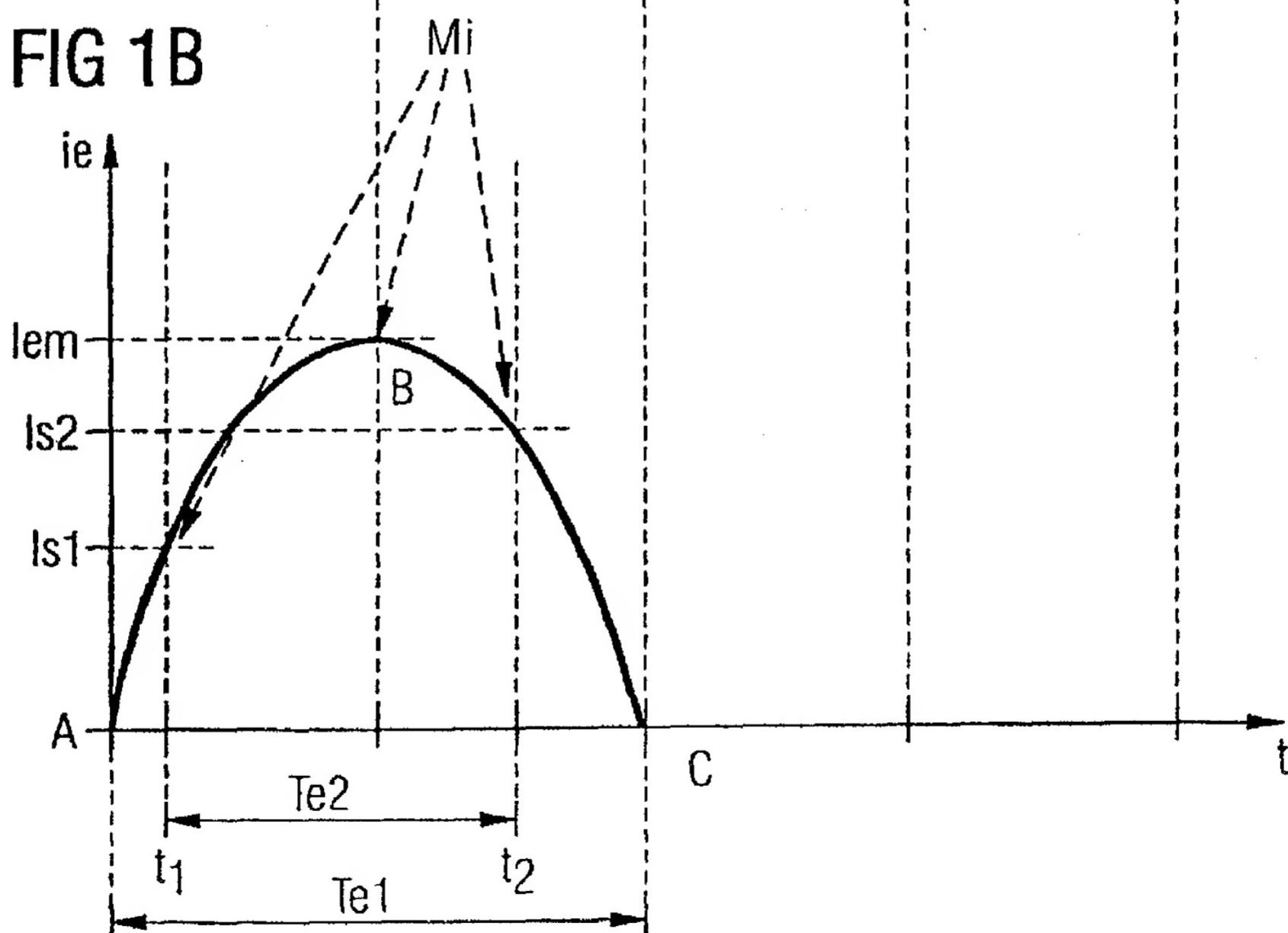
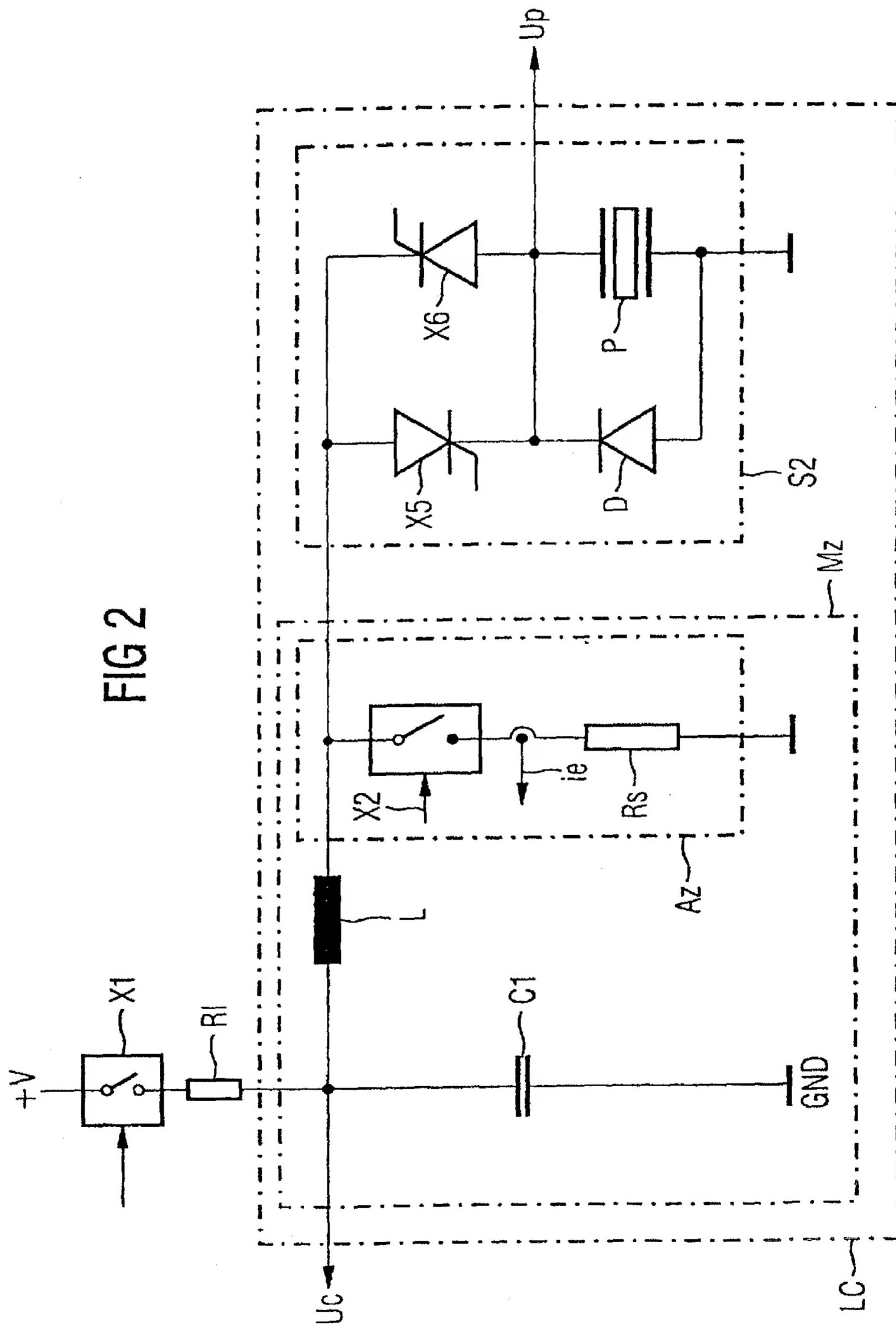


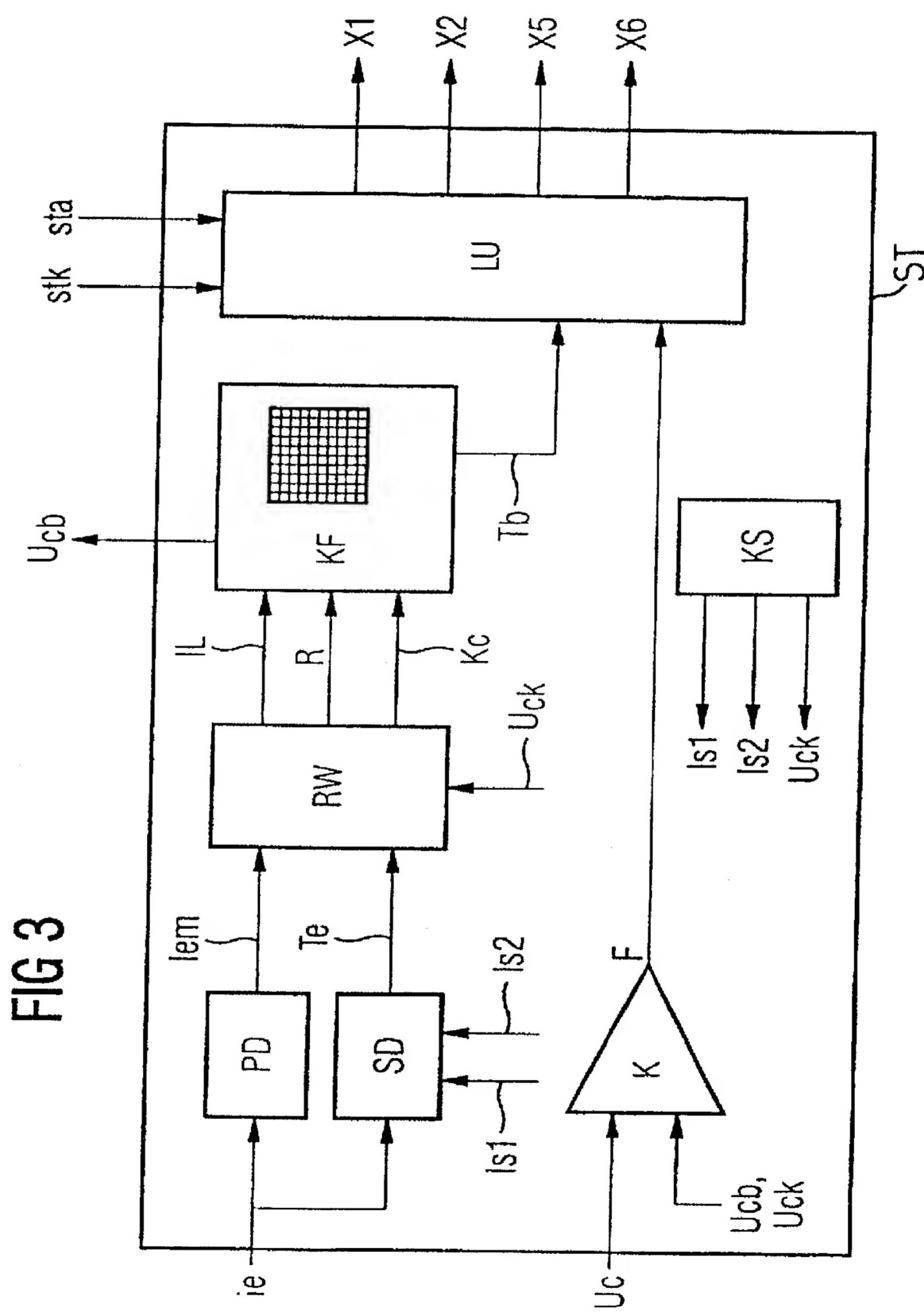
FIG 1B



2/4



3/4



4/4

FIG 4

